

COMO MELHORAR A

Antigamente, a atividade agrícola proporcionava fácil enriquecimento. Obviamente, eram escolhidas as terras mais férteis e profundas que, geralmente, serviam de base para matas exuberantes. Optava-se, ainda, pelos solos com capacidade de uso agrícola adequado. A mata era derrubada, a coivara queimada e a semente lançada sem adubo.

Nos solos produtivos de mata virgem que atraíram nossos antepassados, observa-se a existência de 3 camadas de proteção: a) as copas das árvores, b) a vegetação arbustiva e herbácea e c) o manto de folhas caídas, com restos vegetais indecompostos, denominado liteira ou serapilheira. Abaixo desse manto, encontra-se uma camada de folhas em fase de decomposição, seguida de outra de transição entre o manto orgânico e a fase mineral. Logo depois surge o solo encarado (em grânulos) - fresco, solto e repleto de microorganismos em franca atividade (Fig.1).

O manto de proteção evita o impacto direto das gotas de chuva sobre a terra,

Este complexo ativo, biodinâmico, é a integração de 3 fatores distintos que podem ser enumerados, basicamente, como:

- físico (Fig.2) - com a fase sólida mineral, fase líquida (água) e fase gasosa (ar). A fase sólida mineral constitui o esqueleto do solo com seu sistema poroso por onde circula a água e o ar. Suas frações granulométricas, em ordem crescente de tamanho, são: argila (menor que 0,002 mm), limo (0,002 a 0,02 mm) e areia (0,02 a 2,0 mm);
- químico - com envolvimento de AL + H, CO₂, O₂ macronutrientes (N-P-K e Ca-Mg-S) e micronutrientes (Zn, B, Cu, Mo, Fe, Mn, etc), considerados como pedras fundamentais, de ação direta ou indireta, para a construção do reino animal e vegetal;
- biológico - matéria orgânica (Fig.3) e toda a vida que ela possibilita: a) microorganismos (bactérias, fungos, algas e outros), b) mesoorganismos (minhocas,

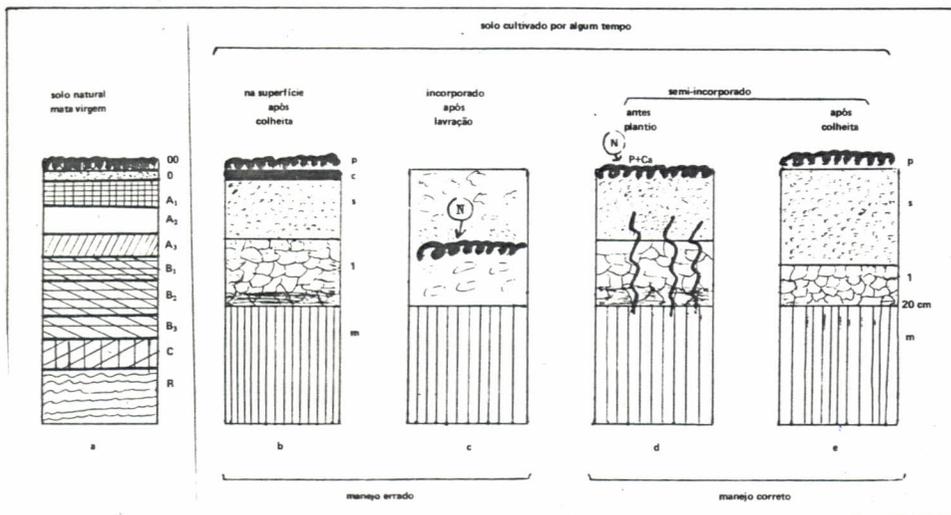


Fig. 1 - Localização do material orgânico no solo

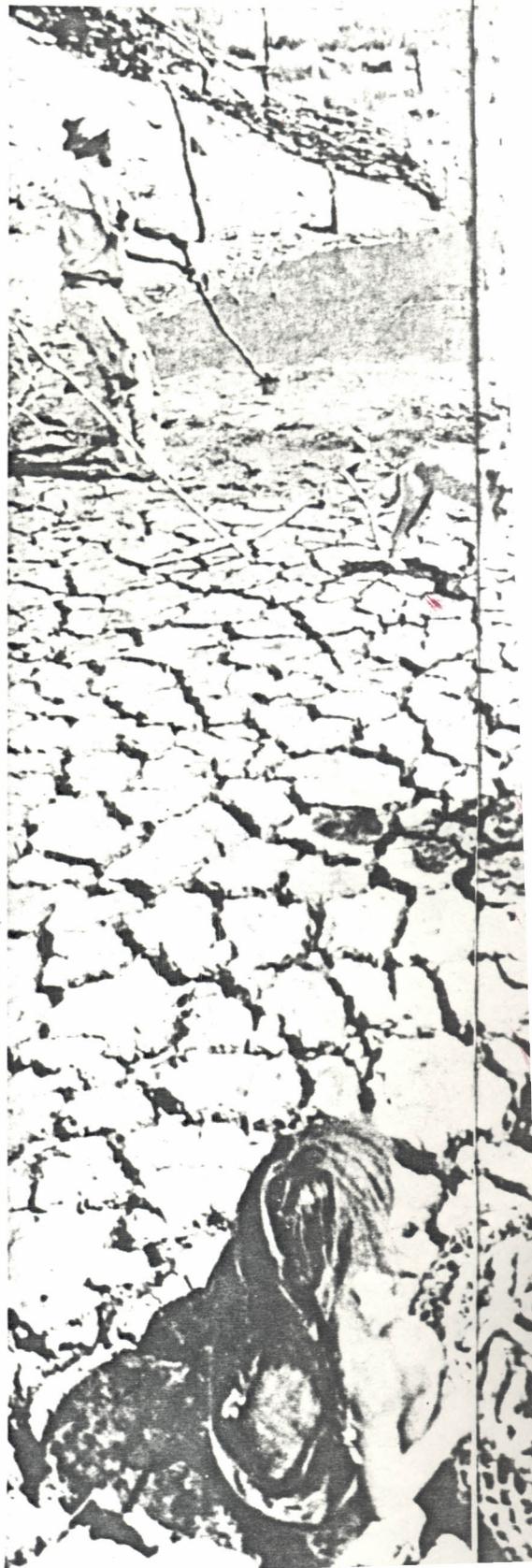
impedindo, também, que ela sofra aquecimento demasiado. Além disto, permite que flora microbiana do solo desenvolva sua atividade normal.

A porosidade desse solo beneficia seu reijamento e a infiltração e drenagem da água da chuva. E a terra, com elevada capacidade de retenção de água (complexo orgânico-mineral), supre satisfatoriamente os vegetais, mesmo durante os períodos de seca.

Desta forma, a planta compensa a pobreza do solo tropical através de um maior desenvolvimento radicular, que explora maior volume de terra. A porosidade favorece a presença de colônias de microorganismos livres, constituindo uma comunidade vital com as raízes, beneficiam as plantas pela fixação de nitrogênio, produção de hormônios de crescimento, antibióticos, etc.

insetos, coleópteros e outros), que têm a missão de destruir os fracos e decompor os mortos para possibilitar nova vida. Atuam na agregação biológica das partículas primárias do solo (argila, limo e areia), estabelecendo a estrutura grumosa do solo (Fig.4). Esta, por sua vez, permite reações químicas oxidativas e o desenvolvimento normal das raízes - condições básicas para o crescimento vigoroso das plantas. A atividade dos organismos no solo é importante para o estabelecimento de uma vida superior.

Esgotamento dos Solos - Ao mesmo tempo em que os solos foram se esgotando, surgiram os adubos com seus resultados fabulosos. Depois de certa época, todavia, começou-se a observar que os adubos, balanceados mediante uma análise do solo, não mais



A ESTRUTURA GRUMOSA



proporcionavam aqueles efeitos surpreendentes, mesmo em terras corrigidas ou complementadas com micronutrientes.

O problema vem se repetindo há tempo. No primeiro e segundo ano de cultivo as safras são boas. Mas, depois, declinam com ou sem adubos (cana, soja, trigo, milho, arroz, algodão). No caso da soja, por exemplo, são obtidos 60 sacos/ha no primeiro ano, 35 no segundo e 20 no terceiro. De 70 a 80 sacos/ha de milho no primeiro ano, o rendimento cai para 25 sacos/ha no terceiro.

As técnicas e os adubos são os mesmos, contudo, as colheitas não correspondem, apontando-se, muitas vezes, o clima como causa do problema. Todavia, em algumas propriedades onde se registrava queda nos rendimentos, notava-se a ocorrência de outros fatores, apontados como prováveis responsáveis. No campo agrícola via-se que:

- o solo levantava mais poeira a cada ano, quando era passada a grade para desmanchar os empedramentos formados na aração, principalmente nas terras médias e pesadas;
- aparecia uma crosta impermeável à água na superfície do solo, após uma forte chuva e sol, mesmo nos terrenos bem hortados através de uma aração e 3 gradagens convencionais. O fenômeno ocorria também nos solos de horta, sendo a causa, muitas vezes, de falhas na germinação e nascimento das sementes. Esta crosta rachava em terras mais pesadas (argilosas ou limosas), permanecendo inteira em solos com maior teor de areia;
- começava a surgir areia solta na superfície, mesmo em solos pesados;
- a erosão laminar aumentava, embora o volume total das chuvas não tivesse crescido em relação aos anos anteriores. Mesmo bem construídos, os terraços eram rompidos com maior frequência. Isto ocorria, muitas vezes, em terrenos não muito inclinados;
- o solo retia menos água, fazendo com que as plantas sofressem mais cedo (murchamento) em períodos secos;
- o solo esquentava mais. Sabe-se que, em temperaturas de solo acima de 33°C, as raízes geralmente reduzem ou paralizam suas atividades fisiológicas, como a absorção de nutrientes;
- ocorria, ainda, a formação progressiva de uma lage dura no solo arado, abaixo da superfície, sendo que a terra era mais macia abaixo da soleira do arado (aração com profundidade de 18 a 25 cm);
- as raízes das plantas se desenvolviam menos e nos vegetais de raízes pivotantes ocorriam retorcimentos ou afinamentos.

Nos lugares onde estes fenômenos eram observados com maior expressão, a produção quanti-qualificativa por unidade de área decaía progressivamente. Isso se verificava, apesar de todos os esforços dispendidos pela moderna tecnologia mecânico-química.

No campo ecológico notava-se que:

- ocorria a formação de vossorocas e até a destruição do habitat animal e humano, através da erosão;
- a erosão aumentava o turvamento das águas dos açudes, das represas e dos cursos fluviais com o solo carregado. (A erosão leva 4 kg de terra/ha/ano em solos de mata, 400 kg/ha/ano em terrenos cobertos por pastagem e cerca de 26 t/ha/ano em solos cobertos por cultura capinada, como algodão);
- aumentavam as enchentes na área;
- os períodos de seca se prolongavam, apesar do volume total de chuvas por ano continuar o mesmo;
- começavam a aparecer tempestades de poeira;
- ocorriam modificações no microclima;
- tinha início a formação de áreas desérticas, encontradas em diversas regiões de norte a sul do Brasil.

É evidente que surgiram muitos produtos e idéias físico-químicas para resolver estes problemas. Mas, após um bom resultado inicial, estes perdiam o efeito ou, mesmo, não funcionavam em muitas áreas. A nova tecnologia parecia, muitas vezes, apressar a situação calamitosa.

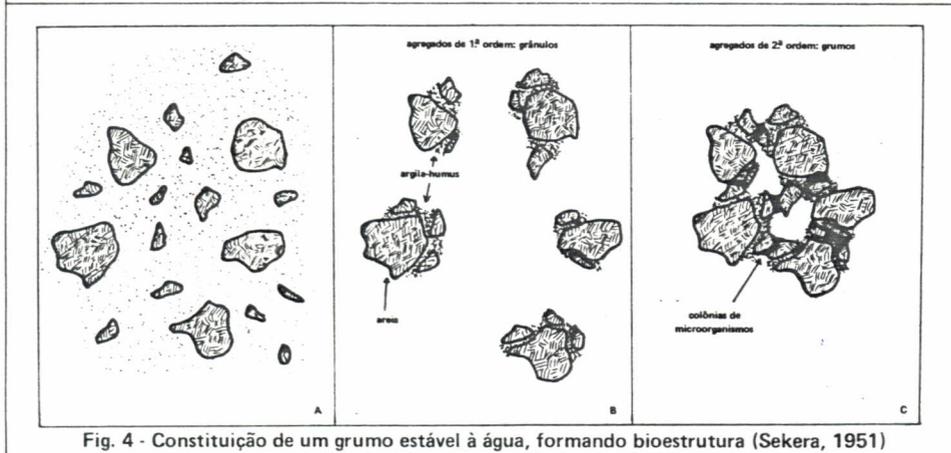
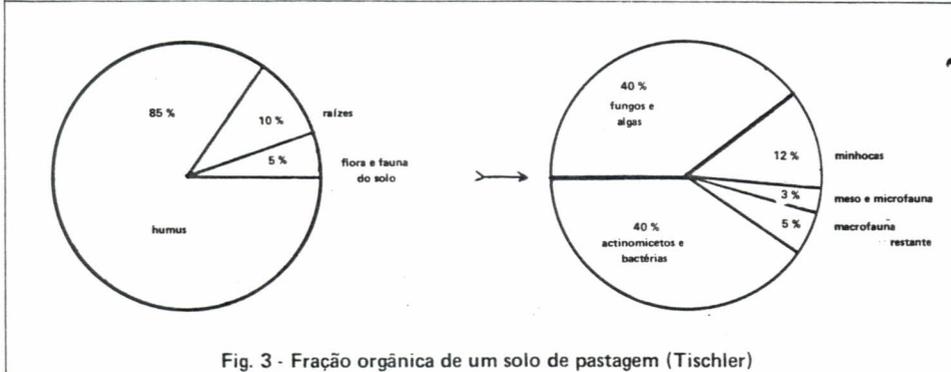
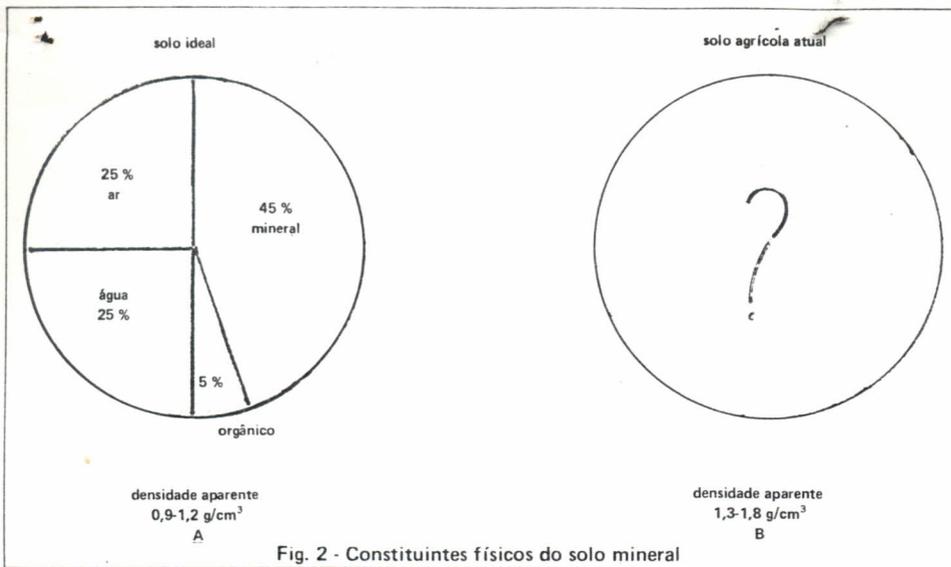
Apesar da calagem e da adubação química, com o endurecimento dos solos, as culturas diminuem sua produção. Temos visto, na prática, que o bom desenvolvimento e elevada produção das plantas se dá em terras fofas. Uma cultura viçosa e produtiva é mais observada em solos esponjosos do que nos empedrados.

O problema da baixa nos rendimentos dos cultivos reside na decadência da estrutura porosa do solo, na falta de ar na terra, na pequena capacidade de infiltração e retenção de água na restrita possibilidade da raiz se desenvolver.

Causas - Estudos na Europa e, mais recentemente no País, determinaram como causa do problema a morte dos solos, ressaltando que uma terra produtiva é um ser vivo, cuja estrutura respira, tem temperatura própria e possui água e nutrientes circulando pelo seu sistema poroso.

Com a morte dos solos (de sua biologia) ocorreu a desagregação dos grânulos porosos, restando seus constituintes minerais primários - areia, limo e argila. Com isto, deu-se o desmoronamento de sua estrutura biológica.

Os grumos se desfazem e ocorre a reacomodação das partículas, seu assentamento e conseqüente diminuição do volume poroso - condutor de água e ar, que limita o desenvolvimento das raízes. Sem os agentes de agregação e estabilização orgânicos - resultado da atividade biológica, as partículas isoladas do solo apresentam fácil movimen-



tação pela ação da água e do vento. A crosta superficial nada mais é que o assentamento aleatório ou estratificado de partículas minerais dos torrões ou grânulos desprotegidos da superfície do solo, desgastados pelo impacto da chuva (ou irrigação por aspersão), ou de partículas aluvionais, com conseqüente diminuição do espaço poroso. A água de erosão horizontal, ou de infiltração através do perfil do solo, ocasiona uma segregação de frações minerais e o arrastamento das partículas mais finas, ficando a areia na superfície. Quando for argilosa ou barrenta, a crosta se racha com o ressecamento, o que não ocorre se for arenosa. A erosão laminar aumenta devido ao impedimento da infiltração de água, mesmo em solos de topografia plana. A lage dura torna-

se mais nítida em terrenos originariamente macios (maior volume poroso), nos quais empregou-se arado que, com sua passagem, forma uma soleira, devido ao selamento (empastamento) dos poros com partículas finas. O empastamento é maior em solos médios e pesados e constitui uma barreira para a descida das partículas finas durante a percolação da água infiltrando o perfil do solo. A argila, por exemplo, impedida de seguir para o subsolo (juntamente com a água, que estagna), acumula-se sobre a soleira, criando uma camada adensada de baixo para cima. Esta lage ("pan") diminui a área útil de exploração das raízes, pois apresenta menor volume poroso e, assim, menor possibilidade para o deslocamento das partículas minerais

a fim de dar passagem às raízes. A lage será tanto mais espessa quanto maior forem a desagregação do solo e o teor de partículas finas. Finalmente, pode ocorrer a fusão da crosta superficial com a lage, dando-se o total adensamento do solo arável. Neste caso, qualquer quantidade de água a mais no volume poroso poderá reduzir drasticamente a taxa de ar no solo, provocando distúrbios na zona radicular.

Com o adensamento, o solo tem sua produtividade de calor aumentada, e o fato de estar exposto à ação solar pode provocar seu aquecimento demasiado (ao redor de 50°C em clima tropical, conforme sua granulometria e grau de decadência). Em culturas capinadas, ocorrerá maior aquecimento do ar acima do solo, em prejuízo da produção vegetal, em culturas capinadas que, entre outras, sofrerão um tipo de "sauna" que aumenta a perda de água pelas plantas.

A alteração do microclima, com a influência do regime hídrico e térmico da região, se prende ao fato de que os solos desprotegidos e adensados (exceto os de areia) esquentam e provocam uma maior movimentação de massas de ar, tanto horizontal como verticalmente. Sobre áreas de mata densa e superfícies líquidas, a velocidade do ar ascendente gira em torno de 5 a 10 km/h, podendo chegar aos 80 km/h em solos desprotegidos.

A baixa velocidade ascendente provoca os chamados vácuos que reduzem a sustentação tanto de aeronaves, voando a baixas altitudes, como de nuvens que, neste caso, caem mais facilmente. As nuvens atingidas pelo ar ascendente precisam ser mais pesadas para cair. Este fenômeno explica, em parte, as chuvas pesadas e espaçadas sobre uma área agrícola ou pastoril.

Todos estes fatores reduzem drasticamente a produção agropecuária. A eles devem ser somadas, ainda, a falta de quebra-ventos arbustivos ou arbóreos que impedem a ação dos ventos (quentes ou frios) e das brisas constantes que afetam sensivelmente a fisiologia das plantas (transpiração e taxa de CO₂).

Preparo do Solo - A decadência dos solos se deve, também, ao fato de estarmos acostumados a empregar técnicas desenvolvidas para terrenos de clima temperado, as quais foram aqui introduzidas pelos nossos antepassados europeus. Entre elas, é fundamental o preparo do solo. Na Europa, a aração da terra é realizada com a finalidade de se acelerar o aquecimento, secamento e a mobilização da vida do solo que, durante o inverno, fica coberto de neve. Com esta prática, conseguiu-se uma agricultura mais produtiva. Porém, o desgaste maior do potencial orgânico e seu menor retorno já se faz sentir pela morte lenta de seus solos. No Brasil, acreditamos não ser necessário degelar os solos.

Com o tombamento do solo (geralmente a 20 cm ou mais) promove-se, principalmente, o seu arejamento e a sua exposição direta ao sol e à ação cinética das águas pluviais.



O solo esgotado se torna improdutivo

Com isto, ocorre:

- o aumento da população biológica, que acelera a queima do material orgânico. Após, verifica-se uma redução drástica no teor de matéria orgânica e a morte do solo por falta de alimentação;

- a destruição dos agregados do solo, restando seus constituintes minerais primários - areia, limo e argila, soltos e dispersos;

- a inversão de camadas do solo, com o abafamento da camada superior mais ativa (6-10 cm) pela inferior, praticamente inerte e instável à ação da chuva.

Todos os outros tratamentos mecânicos que visam hortar (pulverizar) o solo atuam na aceleração da decadência de sua estrutura granular ou grumosa, apressando, ainda, aqueles fenômenos já abordados, que se relacionam ao fato.

O que fazer - Deve-se criar condições para a instalação de uma vida heterótrofa no solo, de modo que haja a formação de uma estrutura estável à água. Basicamente, são necessários o material orgânico e seu retorno periódico à terra, ar, umidade e temperaturas amenas no solo (aproximadamente 25°C), cálcio, fósforo e, às vezes, micronutrientes, potássio e nitrogênio, dependendo do seu nível no terreno.

Revitalização - Para a revitalização do solo, deve-se adotar como meta a construção de uma estrutura grumosa, estável à água, e o complexo organo-mineral, a fim de se estabelecer um maior volume poroso - espaço vital para as raízes. Com isto, melhora-se o arejamento (maior taxa de O_2 : processos oxidativos), e drenagem do solo, além de se aumentar a sua capacidade de conservação de água, e de troca catiônica (CTC), assim como a disponibilidade dos nutrientes e a eficiência dos fertilizantes aplicados.

Solo Grumoso - É no solo que se localiza a raiz, o órgão de absorção dos nutrientes necessários para a manutenção e produção

do vegetal. As raízes podem ser comparadas aos nossos intestinos com sua flora (microbios que no homem ficam dentro do trato digestivo e na raiz ficam fora, circundando-a). O estômago, com seus solventes (ácidos e a água ingerida), corresponde à rizosfera - camada de terra que envolve as raízes, com seus ácidos fracos e água.

A planta que geralmente conta com ótima carga genética, isto é, programação de produção elevada e de defesa natural às doenças e pragas, só poderá expressar esta carga, quando existir o mecanismo executor construído e em perfeito estado de funcionamento. De nada adianta a alta produtividade de uma cultivar se a raiz não conseguir extrair os nutrientes necessários do solo. Ela poderá ter capacidade para metabolizar os minerais, as proteínas, graxas e amidos. Mas,

sem os minerais, nada metaboliza. Por isso, se o solo não permitir o funcionamento adequado das raízes, de nada valerá a melhor programação genética.

Adensamento do Solo - A crosta superficial é de fácil reconhecimento. Porém, a umidade pode fazer com que os adensamentos na camada arável do solo pareçam de fácil penetração para as raízes. Mas, a redução do volume poroso, que ocorre naturalmente, impede o desenvolvimento normal das raízes, o que, em estado úmido, é agravada pela falta de suficiente arejamento.

Para diagnosticar o adensamento do solo, existem métodos de campo fáceis, que indicam a existência ou não de condições favoráveis ao desenvolvimento das raízes. Entre eles, citamos:

- teste da ruptura da leiva após a aração ou de blocos de terra obtidos no escavamento por enxada ou pá reta. Consiste, basicamente, na tentativa de quebrar os blocos de terra, mediante pressão. Durante a operação podem ocorrer:

- esborramento granular - indica ótimas condições para o desenvolvimento radicular e bons resultados com adubação;
- uma superfície de ruptura irregular, com vértices de ângulos arredondados - aponta um estado regular do solo para o crescimento das raízes, porém, já com mau aproveitamento da adubação. Esta estrutura granular está iniciando sua decadência (densidade aparente ao redor de 1,2 a 1,5);
- uma superfície de quebra-plana, com vértices de ângulos vivos - mostra que existe um volume poroso muito pequeno. Quanto mais plana a superfície de ruptura, pior será o solo para o desenvolvimento das raízes (que poderá ser nulo). Aponta, ainda, avançada decadência

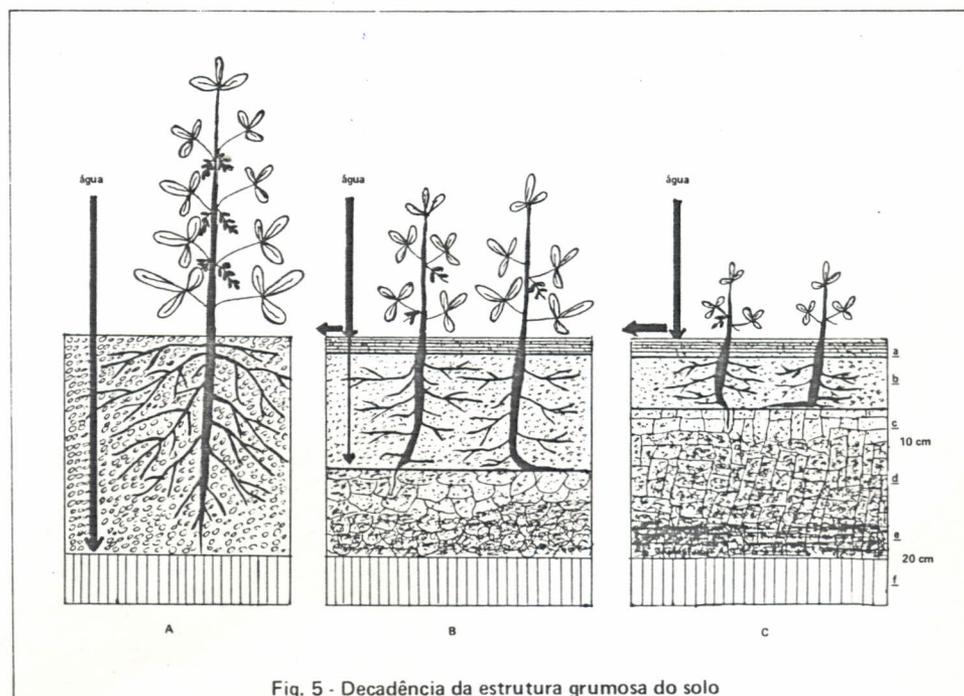


Fig. 5 - Decadência da estrutura grumosa do solo

do solo, em blocos angulares (densidade aparente maior que 1,5). Nestas terras, a adubação terá pouco ou nenhum efeito.

O emprego da pá reta pode ajudar na localização de uma camada adensada. O procedimento, no caso, é o mesmo da obtenção de amostragem do solo para análise química, com a única diferença que o tijolo de terra deve ser de 30 cm. Este deve ser retirado sem quebrar. A seguir, utilizando-se uma escarilha, deve-se procurar determinar os planos de ruptura (no sentido da largura) do tijolo. A camada fofa cairá em forma granulada. Quando a terra cair em forma de blocos de 10 a 20 mm de diâmetro, com os vértices arredondados-angulares, temos uma camada no primeiro grau de decadência, completamente estéril. Quando a camada parecer um bloco duro, sem raízes, de 30 a 300 mm de diâmetro, o solo se encontra num estado muito avançado de decadência.

As profundidades em que ocorrerem as diferentes estruturas do solo deverão ser anotadas (Fig. 5).

- teste da raiz - procura-se confirmar os dados coletados do solo com o tipo de desenvolvimento da raiz. Cada obstáculo, seja ele o assentamento do solo ou a falta de porosidade para a penetração, é acusado na raiz pivotante através de torceduras, deformações, afinamentos e ausência de raízes secundárias, além de desenvolvimento deficiente.

Numa camada de terra adensada, nota-se que a raiz apresenta torceduras procurando penetrar no solo, ou mesmo afinamentos. Nesta zona, a presença de raízes secundárias é pequena ou praticamente ausente. As raízes podem sofrer apodrecimento por falta de ar, quando o adensamento do solo é agravado com a estagnação da água. Ocorre que a raiz necessita de oxigênio para sua respiração, e sem ela não consegue absorver nem água nem nutrientes, com excessão do arroz irrigado e outras plantas aquáticas, que possuem um sistema de ventilação radicular a-

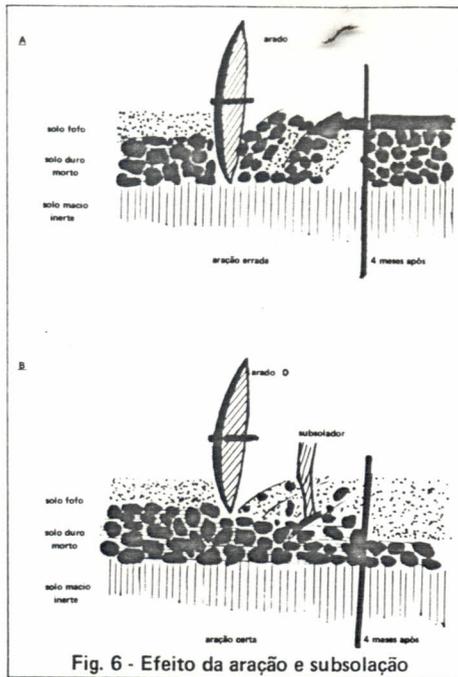


Fig. 6 - Efeito da aração e subsolação

través das folhas: o aerênquima. Assim, todos conhecem o milho amarelo e raquítico em áreas que foram inundadas.

O solo decadente pode ser reconhecido, também, pelo tamanho dos torrões de terra, trazidos à superfície pelo arado, e que precisam ser destorroados, e pela poeira que levanta durante a gradagem. Um solo é tanto mais decaído quanto mais passadas de grades exigir para possibilitar a sementeira. Solo decadente só produz razoavelmente se o clima for bastante favorável. Colheitas que fracassam devido à má distribuição das chuvas crescem somente em terras esgotadas.

Reconstrução da Estrutura Grumosa - A reconstrução da estrutura grumosa do solo, ativa e resistente à água, é uma meta viável economicamente também em áreas extensas, a curto e médio prazo. Não pode ser consi-

derada, portanto, como privilégio de hortas e pequenas propriedades mistas. Para isto, contudo, é necessário identificar:

- os problemas - com o auxílio do teste da pá e da raiz, determina-se o grau de decadência da estrutura granular ou grumosa do terreno, numa camada de 25 a 30 cm de profundidade. Anota-se, também, a crosta superficial, adensamentos, deformações das raízes, etc.

- a causa da decadência - que pode ser a falta de retorno de material orgânico, carência de nutrientes (principalmente cálcio, fósforo e micronutrientes), pressão de pneus das máquinas, preparo do solo com umidade inadequada (empastamento), exposição da terra desnuda à ação das chuvas ou, ainda, a iluviação (carreamento para dentro do solo) de partículas finas que preenchem os poros, diminuindo o volume poroso, entre outras.

- os fatores a serem manejados - como, por exemplo, ar e água do solo, fonte de material orgânico (adubo verde, restos de culturas, ou mesmo esterco, tortas, bagaços, compostos, humus, etc) e nutrientes para alimentar micro-organismos, além de raízes vegetais ativas, máquinas, sombreamento do solo (contra insolação direta e a ação das águas das chuvas).

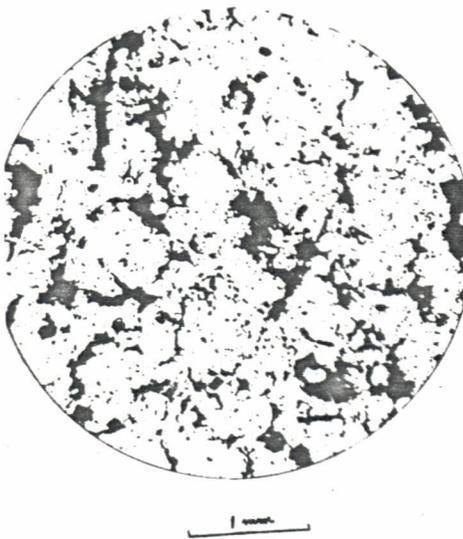
- meta - na reconstrução da estrutura grumosa a meta é um solo produtivo. Para isto, deve-se promover a agregação química (colóides minerais: argilas, hidróxidos de ferro, alumínio e cálcio) e biológica das partículas primárias do solo.

A semi-incorporação de restos de cultura, enriquecidos com cálcio, fósforo e micronutrientes (usar fontes não solúveis em água), cria condições aeróbias e semi-aeróbias no solo. Todavia, na ausência destes elementos, surgem no terreno fungos como o *Penicillium urticare*, *Trichoderma lignorum*, *Fusarium lignorum* e outros, que possibilitam a vida de bactérias como a *Sporocitophaga* e *Citophaga*. Estas agregam as partículas minerais através de colóides orgânicos não solúveis em água, como os ácidos húmicos produzidos na decomposição de material orgânico na presença de Ca. Na ausência de Ca ocorre a formação de ácidos flúvicos, que são solúveis em água e atuam, assim, no empobrecimento químico do solo durante sua lixiviação.

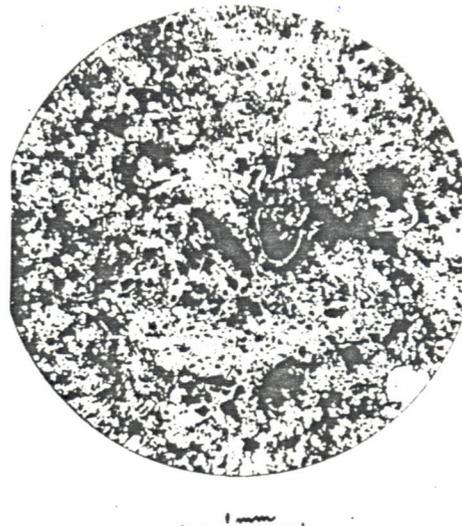
As bactérias agregam as partículas minerais, também, através de colas orgânicas estáveis à água (como ácidos poliurônicos originados na decomposição do material orgânico) ou das obtidas por excreção ou secreção dos próprios microorganismos (ou plantas, minhocas, etc), como as geléias bacterianas. A união das partículas pode se dar, ainda, através de hifens de fungos, actinomicetos e filamentos de algas que formam os chamados grumos estáveis à água.

Aração - Em nossos solos agrícolas encontra-se, geralmente, a primeira torcedura maior da raiz a 6 ou 10 cm de profundidade, a partir do colo-faixa onde se localiza o maior volume de raízes secundárias.

A aração correta não deve atingir uma profundidade 2 cm maior ou, no máximo, 1/3 a mais que a camada de solo fofo e enrai-



Lâmina delgada de solo adensado com pequeno volume poroso (área clara)



Lâmina delgada de solo fofo com amplo volume poroso (área clara)

zado. Por exemplo: 6 cm (primeira torcedura forte) + 2 cm (1/3 de 6 cm) = 8 cm que deve ser, pois, a profundidade da aração. Assim, evita-se que a terra fofa seja abafada por uma camada estéril, o que piora a situação do solo. Se ararmos a 20 cm, teremos uma camada de 14 cm (20-6 = 14) de solo inerte cobrindo a camada fofa de 6 cm e, portanto, destruindo-a (Fig.6).

Quando a aração é feita em profundidade de 1/3 a mais do que a camada fofa, o objetivo deve ser a incorporação de uma camada fina de terra inerte ao solo ativado biologicamente. Isto contribui para o melhoramento gradativo do solo, através do desenvolvimento das raízes.

Obs: Muitos já devem ter observado que o trigo cresce muito mais vigorosamente num solo somente gradeado ou "pateado" do que normalmente arado: em solo inerte, as raízes têm mais dificuldade para se desenvolver.

O restante do solo inerte deverá ser trabalhado com subsolador ou pé-de-pato.

Obs: É evidente que em solos agrícolas recém-desbravados há necessidade de ser realizado um trabalho mecânico profundo de limpeza de raízes e tocos, e também para a incorporação correta do calcário corretivo, em 2 parcelas: uma antes e outra após a aração, para misturar bem com a camada de 20 cm de solo. Mas, após, deveremos parar os trabalhos de inversão de camadas de solo mais profundas (além de 12 ou 15 cm).

Porém, deve-se atentar ao fato de que isoladamente nem a lavração correta, nem o retorno da matéria orgânica e a rotação de culturas conseguem recuperar o solo. O melhoramento da terra só é obtido pela conjugação de todas as práticas, usadas harmoniosamente.

Subsolador ou Pé-de-Pato - Esses implementos atuam a fim de estourar a faixa adensada do solo, sem, contudo, inverter camadas. Deverão ser usados após o arado, com o propósito de destruir sua ação negativa, ou seja, a formação da soleira-de-arado.

A passagem do subsolador ou pé-de-pato

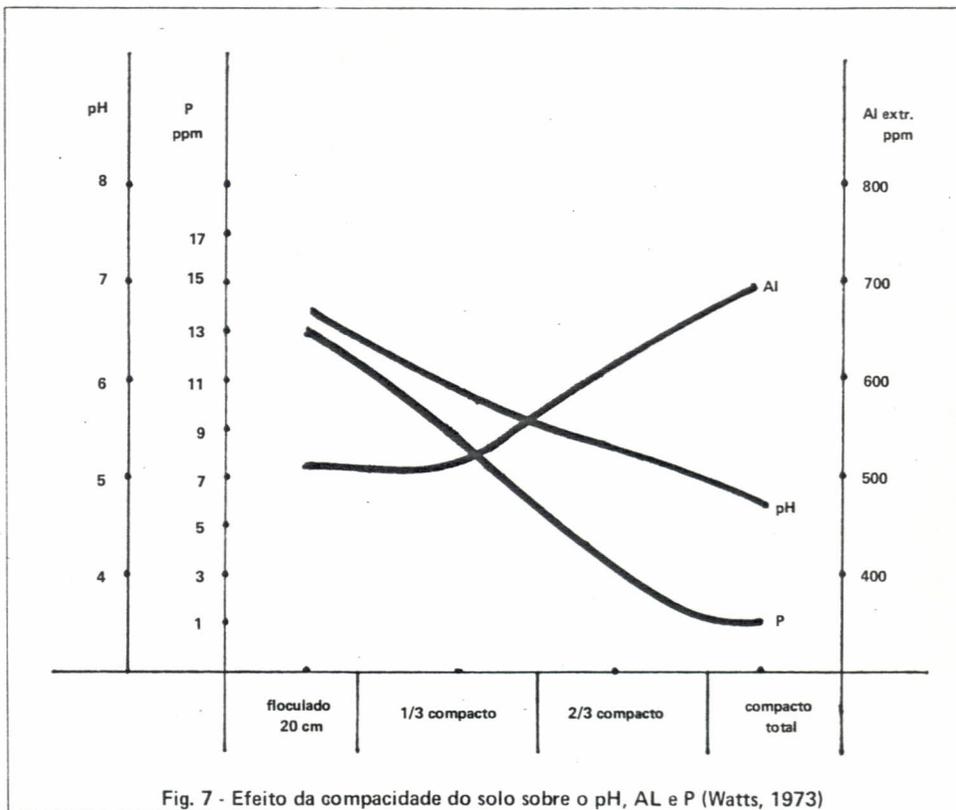


Fig. 7 - Efeito da compactação do solo sobre o pH, AL e P (Watts, 1973)

é feita com a terra enxuta, que possibilita o rompimento das camadas adensadas e evita o simples sulcamento do solo, que pode ter efeitos nocivos em épocas chuvosas. A subsolagem deve ser seguida imediatamente da semeadura de plantas que enraizem de forma rápida a terra afrouxada, servindo de cunhas nos rompimentos provocados pelo implemento. Do contrário, será um trabalho perdido, especialmente na época das águas.

O rompimento do solo poderá ser realizado, também, por grades pesadas (aradoras) que trabalhem em profundidade de até 20 cm, sem inverter camadas.

Passadas de Máquinas - As máquinas devem ser passadas sobre o terreno o menor número possível de vezes, a fim de evitar a compac-

tação pelos pneus (Fig.7). Os arados e grades pressionam o solo, destruindo os grânulos e empastando a superfície de arrasto, no caso de terras com elevado grau de umidade.

A enxada rotativa pulveriza não somente os torrões mas também os grumos, acelerando, assim, a dispersão do solo. A sola de arrasto é igualmente pronunciada, especialmente quando se trabalha após uma chuva e com maior velocidade. Neste caso, o malogro da cultura está consagrado. A enxada rotativa é benéfica quando usada para picar restos de culturas, atingindo, ainda, um mínimo de solo (2 cm). A passagem das máquinas deve ser a menor possível e de preferência com os implementos conjugados.

Cobertura do Solo - Após o preparo do terreno deve-se plantar imediatamente uma cultura que cubra de forma rápida o solo. Isto porque, em nossas condições climáticas, um solo decadente (sem vida e instável à água) deixado muito tempo descoberto propicia o ressecamento das partículas minerais, num prazo de 3 a 6 semanas. Portanto, sua proteção e enraizamento é de primordial importância.

Aconselha-se, pois, a cobertura morta (mulching) para a época da seca, a fim de manter o solo mais fresco e evitar uma perda excessiva de água. No período chuvoso, a cobertura favorece a penetração da água no terreno, promovendo a perda de nutrientes por lixiviação. Por isso, o enleiramento da palha de cana na época das águas diminui a produção, o que não ocorrerá se este for acompanhado de uma adubação, especialmente de K, Ca e N.

Na época das águas, a cobertura do solo deverá ser viva, como, por exemplo, culturas

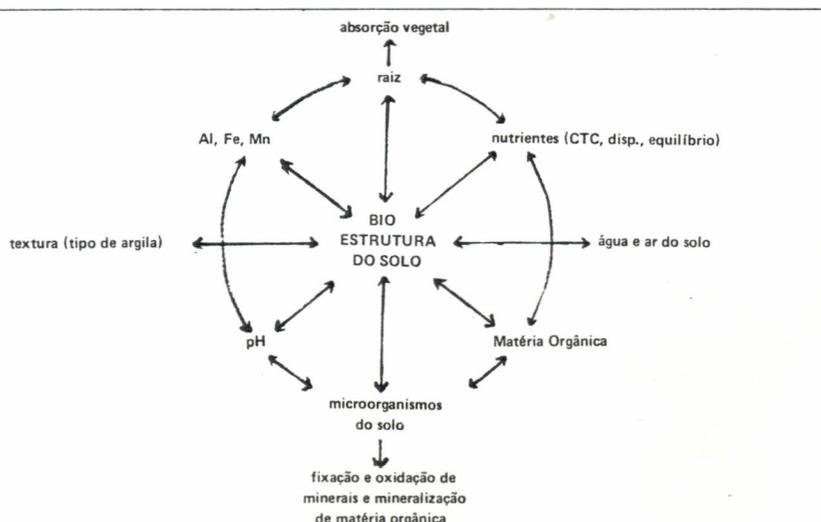


Fig. 8 - Interrelações dos fatores do solo

intercalares ou de proteção (cover crop). Assim, os nutrientes levados pelas águas, que se infiltram no terreno, são captados pelas raízes da cultura de proteção e bombeados novamente à superfície, atingindo as folhas (plantas de raízes profundas como as leguminosas).

A cobertura é de grande importância, pois protege o solo da exposição ao sol e do impacto das chuvas tropicais. Por isso, o famoso dry-farming que tanto beneficia os solos de zonas secas em clima temperado (chuvas mansas) é impróprio em clima tropical (fortes chuvas). Em terrenos tropicais haveria a formação de crostas, adensamentos e camadas impermeáveis. E, ao invés de penetrar no solo, a água escorre, causando erosão e enchentes.

Obs: Todos sabem que com o manejo atual, o solo sem proteção apresenta uma camada superficial que resseca facilmente, conforme sua textura. Isso, muitas vezes, obriga ao plantio mais profundo das sementes. Mas haja semente com reserva nutricional e vigor de crescimento tal que consiga conduzir a plantinha por uma camada de terra até 15 cm, profundidade em que alguns chegaram a plantar soja no Mato Grosso! Assim, o solo que mantiver umidade na superfície, garantirá a germinação e o crescimento inicial das plantinhas, que poderão ser plantadas na profundidade correta.

No dry-farming, o solo lavrado permanece durante um ano sem cultivo e sem ervas daninhas para que a água ali se acumule sem ser gasta pelas plantas. Assim, a cada segundo ano uma cultura consegue vingar.

Material Orgânico - É de suma importância não queimar os restos de colheitas (palha e raízes mortas). Estes devem ser incorporados superficialmente ao solo, a fim de que os microorganismos disponham de um fornecimento constante de material orgânico. Deve-se adotar como objetivo a renovação constante do estoque de matéria orgânica no solo (fig. 8).

A adubação verde, que apresenta uma relação C/N muito pequena, falha no enriquecimento do solo em matéria orgânica, além de gastar o humus presente. Em nosso clima, sua decomposição ocorre dentro de 4 a 6 semanas. Os restos de cultura, todavia, desaparecem num prazo de 3 a 4 meses, beneficiando a estrutura ativa do solo neste intervalo. A plantação para adubo verde tem, contudo, a sua importância, se levarmos em conta a atividade rompedora das raízes e o fornecimento de nitrogênio.

A incorporação do material orgânico ao solo deve ser rasa (aproximadamente 5-10 cm) para beneficiar a microvida. Como vimos anteriormente, sua decomposição não poderá ocorrer favoravelmente em solo adensado. Isto porque, em condições de baixo arejamento, há fermentação e produção de substâncias até nocivas, sem melhoramento do solo.

Obs: O material seco (p.ex. palha de arroz e até fibra de algodão, que é pura celulose) decompõe-se rapidamente

em presença de cálcio + fósforo, umidade, ar e inoculação com terra.

Nutrientes - O adubo químico, adequadamente utilizado, é um poderoso instrumento na recuperação e conservação dos solos. Em terras carentes em cálcio, fósforo, nitrogênio e micronutrientes - como é o nosso caso -, estes elementos devem ser aplicados principalmente para:

- acelerar o desenvolvimento da cultura, de modo que em pouco tempo ela possa cobrir o solo, protegendo-o do impacto das chuvas.

- dirigir a decomposição da matéria orgânica, produzindo substâncias agregadoras do solo. Na ausência de cálcio, a decomposição do material orgânico origina ácidos fúlvicos, muito solúveis em água, que promovem o empobrecimento do solo. Na presença de cálcio, há formação de ácido húmico, insolúvel em água, com o conseqüente enriquecimento do solo.

- favorecer a vida de minhocas, que respondem pela produtividade do solo. A ausência desses animais é devida à falta de sombra, material orgânico, cálcio e fósforo.

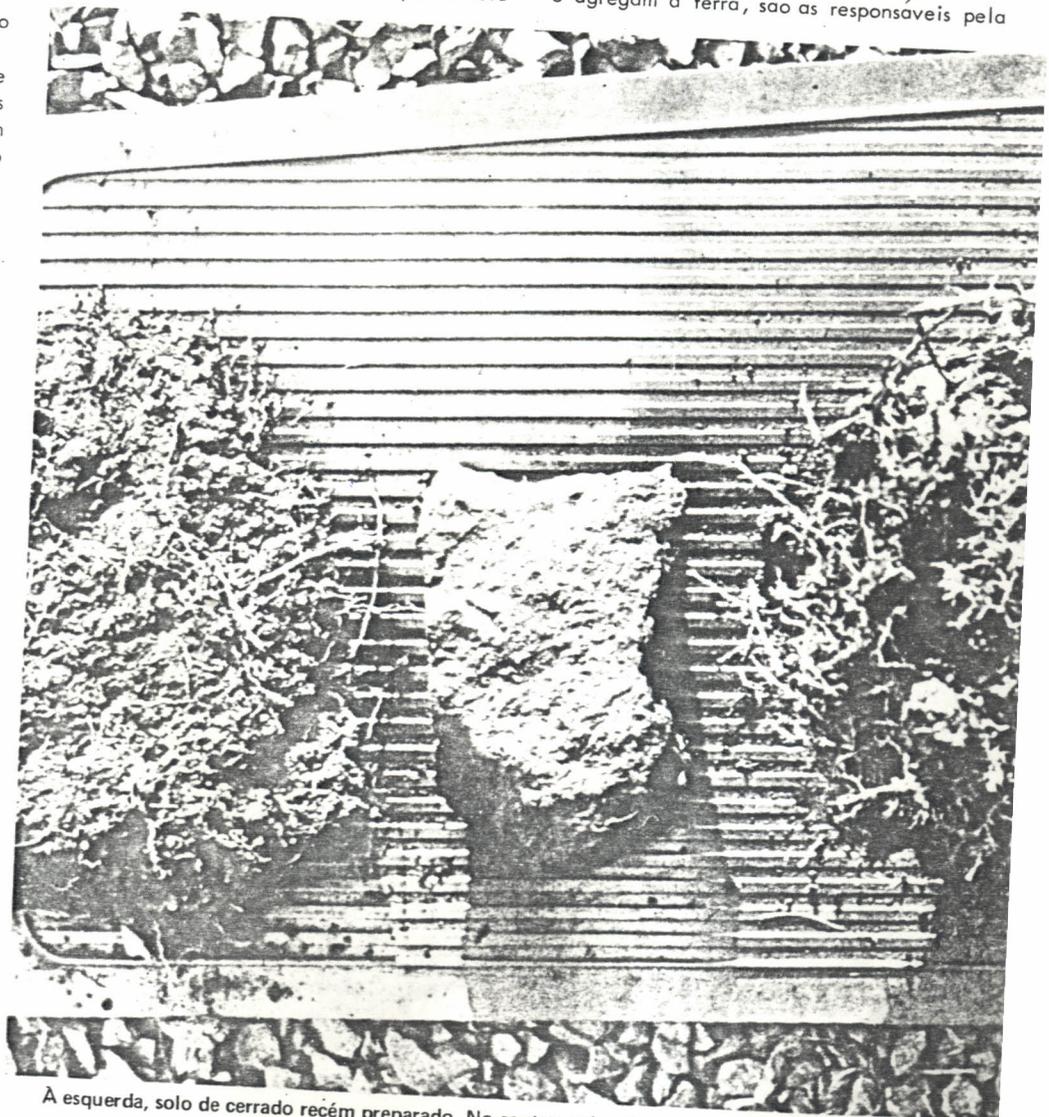
Em solo insolado a vida desaparece. Poderemos considerar o aparecimento espontâneo de minhocas como um sinal de que o solo

está sendo corretamente manejado para a instalação de uma cultura econômica.

Ação das Raízes - As raízes são fundamentais para manter um solo ativo e produtivo. Possuem ação rompedora, com seu trabalho de cunha entre as frestas formadas pelo umedecimento-secamento do solo e pela atuação dos implementos (arados, subsolador, grade aradora, etc), existindo, por outro lado, uma proporção definida entre o volume radicular e o tamanho da planta e sua produção.

Logo, pode-se compreender que uma monocultura é prejudicial para um solo, principalmente quando tiver raízes superficiais, pois pouco penetram na terra, deixando um grande volume sem enraizar e proteger. Sabe-se que raízes de plantas congêneres se evitam mutuamente, por excretarem substâncias defensivas, e que prejudicam as raízes de seus pares. Cada cultura é mais ou menos tolerante consigo mesma. Porém, raízes de plantas diferentes são capazes de se entrelaçar no mesmo espaço de solo. Por isso é importante plantar culturas com raízes vigorosas e abundantes em rotação com cultivos de raízes fracas (por exemplo, trigo e soja).

As raízes com sua microflora, que afrouxam e agregam a terra, são as responsáveis pela



À esquerda, solo de cerrado recém preparado. No centro, solo adensado sem raízes, 3 anos após a cana re-

ampliação do volume poroso do solo, além de estabelecer sua fofura e produtividade. Quando se encontra uma cultura com bom desenvolvimento de raízes sadias pode-se ter certeza de que a colheita será elevada e econômica, com aproveitamento ideal dos fertilizantes aplicados e a exploração conveniente da capacidade genética de produção da variedade utilizada.

Irrigação - A irrigação é necessária em áreas onde ocorrem períodos prolongados de seca. As exigências de água poderão ser diminuídas, caso se aumente a capacidade de retenção e disponibilidade do líquido no solo, alimentando-se os lençóis freáticos adequadamente. Além disto, deve-se contar com plantas sadias, que apresentam menor taxa de transpiração (suco celular mais viscoso, tecido celular mais resistente), e instalar quebra-ventos.

Técnica - A fim de melhor ilustrar a técnica de campo a ser aplicada, imaginemos um solo com um grau elevado de decadência (crosta, lage espessa), onde se deseja plantar uma cultura anual espaçada (mais que 50 cm entre linhas, como no milho) na época das águas. A profundidade do início do adensamento do solo foi determinado pelo teste da

pá e o da raiz (ou somente este último), dando, por exemplo, 8 cm. No caso de se dispor de restos de culturas, estes deverão ser picados a fim de facilitar o manejo das máquinas (uso do picador de palha nas colhedoras, enxada rotativa ou colhedora).

Mediante uma análise química, determinam-se os teores de cálcio, potássio e fósforo que, estando baixos, deverão ser aplicados parte a lanço, em forma de fosfato cálcico (escória, termofosfato, fosforita, etc) na base de 100 a 300 kg/ha, conforme o grau de decadência, juntamente com palha. Deve-se, também, fazer a correção do solo.

Com o emprego de arado, sabe-se que o disco deverá ser aprofundado até 10 cm no máximo, para incorporar somente uma camada fina de terra inerte ao solo vivo da superfície. Os restos de cultura, em condições semi-aeróbicas (superficialmente incorporados) e enriquecidos com Ca + P, não necessitam ser acrescidos de nitrogênio. Isto porque a microvida que se instalará captará este elemento do ar atmosférico.

Depois disto, passa-se um pé-de-pato ou subsolador para romper o restante da lage. O terreno deve estar enxuto, pois, do contrário, este será um serviço perdido e nocivo. Existem arados de arrasto com o pé-de-pato ou subsolador acoplados que realizam o serviço numa só operação. Pode-se usar, também, uma grade pesada (aradora) que fará o trabalho de ambos a uma profundidade de 20 cm, ou, ainda, utilizar em lugar da grade ou pé-de-pato uma plantadeira com este implemento acoplado, após a aração ou gradagem superficial.

Para o plantio, deve-se, primeiramente, destruir a crosta superficial, romper a lage e dar início à ativação da micro-vida na superfície (com material orgânico).

Cobertura do Solo - Finalmente, cobre-se o solo o mais rapidamente possível:

- se a época de plantio ainda demorar uns 3 meses, semeia-se uma leguminosa de porte ereto, densamente, para garantir sua envergadura baixa. Passa-se uma grade antes do plantio ou se planta diretamente com implanteira.

- se o preparo foi realizado às vésperas do plantio, procede-se a semeadura da cultura. Na época da primeira carpa, implanta-se um cultivo intercalar (de preferência uma leguminosa de rápido crescimento e raízes potentes que combine com a cultura principal) a fim de cobrir o solo e evitar o desenvolvimento das ervas daninhas. Por exemplo: guandu, feijão-de-porco na cultura de milho ou feijão-fradinho, crotalaria ou soja granífera na cana-de-açúcar.

- outro sistema de cobertura é usar somente a quantidade de herbicida que permita a instalação da cultura de interesse e plantar logo em seguida uma leguminosa nas entrelinhas. O objetivo dessa prática é proteger o solo e suprimir as invasoras, que não vingam na falta de luminosidade e nem mesmo quando rebrotam de raiz profunda.

- plantar a cultura principal e, entre linhas, o cultivo de proteção (feijão-fradi-

nho, soja granífera, feijão-de-porco, etc). Assim, o solo fica protegido da insolação direta, da ação das águas e dos insetos.

Quando não se plantam estas culturas de proteção em nossas condições climáticas, pouco se pode melhorar o solo com cultivos de milho, cana ou algodão, que possuem pouca agressividade, principalmente em solo decaido.

Em culturas como soja granífera, onde o inter-plantio de um cultivo protetor é inviável, o sistema é diverso. Usa-se uma adubação química que acelere ao máximo o crescimento juvenil da própria cultura, que fecha o solo. No Rio Grande do Sul, onde a soja é plantada após o trigo, no início da época seca, a palha de trigo picada e espalhada na superfície do solo (com incorporação máxima de 5 cm com grade) é a melhor maneira de proteger o solo, até podemos instalar o plantio direto convencional (quando não houver mais lage nem crosta).

No caso de culturas perenes, na época das chuvas, planta-se uma leguminosa protetora que, na seca, será incorporada superficialmente com uma grade leve ou enxada rotativa. Ao mesmo tempo, aplica-se um fosfato cálcico. No cafezal, por exemplo, só se mantém limpa a "saia" deixando-se as ervas daninhas crescerem entre as fileiras. Num plantio novo de cafeeiros, com grande área de solo desprotegida, planta-se uma leguminosa de raízes potentes de modo a ir afrouxando e melhorando o solo em profundidade, assim como beneficiar as raízes em crescimento da cultura principal. Esta prática também é válida para outras culturas perenes, como citrus.

No caso de pastagens, o maior problema diz respeito ao desnudamento de manchas de solo pelo pastoreio não dirigido do gado. Nessas manchas, se instalam as invasoras e tem início a decadência do solo. Um manejo rotativo do pastejo e uma adubação de pastagens produtivas. Todavia, os pastos implantados em solos destruídos pela cultura do algodão, milho, cana-de-açúcar, nunca serão produtivos, a não ser quando se plantam, no mínimo, capins nobres como o colônio.

Em solo descompactado biologicamente, sem crostas superficiais e adensamentos, pode-se plantar diretamente após a colheita, conseguindo-se melhores resultados. Em terras cuja estrutura não é boa, o plantio direto convencional (a semeadeira com pé-de-pato acoplado poderá ser usada quando não houver crosta superficial) é desaconselhável porque não melhora o terreno, embora o conserve.

Nos terrenos desérticos, totalmente desagregados e adensados, com capacidade de retenção de fertilizantes baixa ou ausente, utiliza-se uma fonte de material orgânico, bem curtido, que provenha de fora da área de atividade, ou se usa adubação semi-verde. Esta prática, que tem por objetivo permitir a instalação razoável da cultura principal, pode ser usado para acelerar o melhoramento do solo em pequenas áreas.

De posse de todos os dados e situações, e depois de estabelecida a meta a atingir, monta-se um esquema de trabalho para recu-



direita, raízes de toiceira de cana ressoca

peração do solo, que seja flexível e adaptado ao local e a possibilidade econômica. Os resultados disto não podem ser esperados num prazo de 2 meses, por exemplo. Isto porque, muitas vezes, a terra vem sendo destruída há anos. Com o manejo correto, um solo pode ser recuperado satisfatoriamente dentro de 3 a 4 anos.

Pode parecer que o manejo biodinâmico seja mais caro que o convencional. Os custos poderão ser maiores nas 3 primeiras culturas, mas os lucros também serão, em condições normais. A partir daí, as despesas tenderão a baixar progressivamente, com o conseqüente aumento dos lucros. Somente através do manejo correto do solo conseguiremos melhorar a situação da população rural e o fim da agricultura que vivia de sua descapitalização.

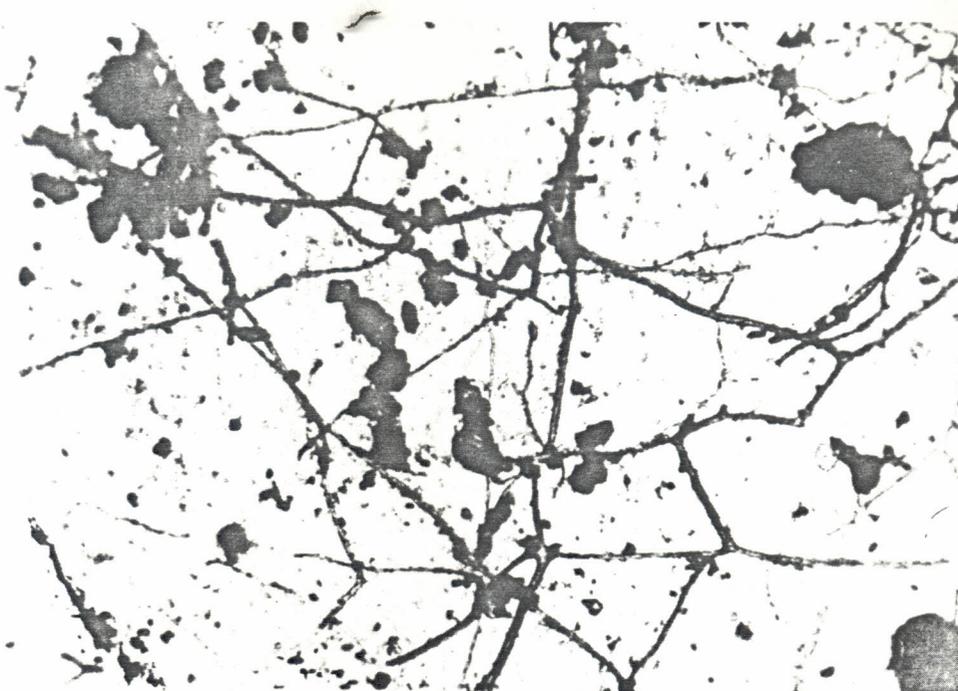
Considerações Finais - Antigamente, era conhecida a importância de um solo estruturado biologicamente e estabilizado à ação da água, na produção vegetal. Podemos afirmar, contudo, que a sua importância é vital não somente na influência do micro-clima como, também, na nutrição normal das plantas.

Em um trabalho de especialização, na Europa, conduzimos uma competição de variedades brasileiras de milho (Agroceres, Cargill, trigo (Toropi, Cotiporã) e soja (Hardee, Santa Rosa) com européias.

O experimento foi conduzido em hidroponia pura, ou seja, foi dispensado o substrato sólido, utilizando-se somente água + nutrientes a nível de raiz. Em iguais condições de micro-clima e com a nutrição sem os impedimentos de acidez, compactação de solo, falta de O₂, seca, temperatura elevada de substrato, doenças e pragas a nível de raiz, conseguiu-se determinar (através de análise vegetal) que a capacidade de absorção de nutrientes das variedades brasileiras era semelhante ou até superior à das cultivares européias (uma norte-americana), consideradas de alta produção.

As variedades européias produzem, a campo, uma média nacional de 3 a 5 t de trigo/ha (na Holanda, em certas áreas, chegam até 8 t/ha, contra os 900 a 1.200 kg/ha no Brasil), de 6 a 7 t de milho/ha (contra 1 a t/ha no Brasil) e de 2 a 3 t/de soja/ha (até 4 t/ha nos EUA contra 1,5 a 2 t/ha no Brasil).

Sob condições controladas provou-se que a genética de nossas sementes foi até superior a das européias, em condições de igualdade. Se isto não fosse verídico, não poderíamos obter, a nível de campo, produções de 11 a 15 t de milho/ha (com uso elevado de material orgânico) em competição de produtividade, nem quase 4 t de trigo/ha (no Centro Nacional do Trigo conseguiu-se até 7 t/ha, em meio controlado) em condições de cerrado novo irrigado, e nem 3,6 t de soja/ha quando os solos são bons e é melhor a distribuição das chuvas (recentemente foram obtidas até 4,8 t de soja/ha na Amazônia, em fase experimental). Se nossos rendimentos são inferiores é por causa da baixa produtividade dos solos,



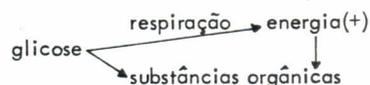
Micélio de fungo firmando partículas de terra

em conseqüência de um manejo inadequado para nosso clima.

Culpa-se o clima tropical e a pobreza natural de nossos solos por sua baixa produção. Mas, como se explica o crescimento impressionante de nossas florestas, até 10 vezes superior que em clima temperado? Por que as primeiras colheitas em terras recém-desmatadas sempre são boas? Por que o abandono do solo por 8 a 15 anos restabelece a sua produtividade? É difícil crer que este fato se dê em virtude da acumulação de nutrientes na solução do solo. Todavia, a solução não é química, mas bio-física. Não ocorre acúmulo de nutrientes, mas a exploração de um volume muito maior de solo pelas raízes. Uma raiz que explora 1 kg de terra é pior nutrida do que outra que aproveita 10 kg de terreno. Isto porque, em condições de adensamento (que impede o desenvolvimento radicular) há uma redução no teor de oxigênio, o que afeta drasticamente o metabolismo da planta no tocante à produção de energia a partir dos carboidratos.

Na fotossíntese ocorre a síntese de glicose (C₆H₁₂O₆), a partir CO₂ (gás carbônico) + água + luz. A partir desta glicose temos

a produção de substâncias orgânicas:



(+) em condições aeróbias (presença de oxigênio) no solo há produção de 673 mil calorías/Mol de glicose. Em meio anaeróbico (solo adensado, ou encharcado, como pequeno volume poroso) são produzidas somente 20 mil calorías/Mol de glicose. Isto quer dizer que a planta necessita de muito mais material fotossintetizado para conseguir a energia essencial à formação de substâncias orgânicas. Como a ausência de oxigênio a nível de raiz, há uma perda excessiva e desnecessária de energia e, com isto, uma queda brusca na produção.

É certo que não conseguiremos solucionar este problema se não modificarmos nossa metodologia de manejo do solo, considerando a importância da biologia e da matéria orgânica. Os dados apresentados a seguir dão uma idéia dessa importância.

argila	caolinita	montmorilonita
região predominante	tropical e sub-tropical	temperada
superfície específica(m ² /g)	10-30	700-800
CTC (e.mg/100 g)	3-15	80-150
capacidade de retenção de água	X	XXXX
expansibilidade	-	XXX
superfície interna acessível	-	XXX
plasticidade, coesão	X	XXX
carga negativa disponível	0	0,25-0,60
espessura laminar	1000	20
com ligações coloidais	Si	Si, Al, Fe
com ligações iônicas	Al, Fe	-

Em vista disto, verifica-se que, além dos nossos solos sofrerem um desgaste muito maior que nos climas temperados (com altas produções agrícolas por unidade de área), também possuem a fase mineral com capacidade de retenção de água e nutrientes muito mais reduzida. Mas, através do retorno da matéria orgânica, que incentiva os processos biológicos, é possível restabelecer a produtividade dos solos. Como material orgânico consideramos, principalmente, os restos de culturas que, enriquecidos com fósforo e cálcio, darão origem a uma microvida altamente benéfica ao solo. Pelo retorno da matéria orgânica pode-se aumentar a CTC do solo (a CTC da matéria orgânica varia entre 190 a 500) e a capacidade de retenção de água, que é de 8 a 20 vezes maior que a da fração mineral.

O conjunto físico-químico-biológico do solo, harmonicamente ajustado, poderá oferecer condições para uma elevada produção por unidade de área, sem muitos transtornos. Com esta conscientização e o novo conceito

do que é realmente o solo (não somente um ser vivo produtor de plantas) pode-se iniciar uma nova era que revolucionará a agropecuária, assim como nossa economia e a sociedade operante. Se produzirmos desertos (solos mortos) pelos métodos atualmente empregados estaremos propiciando a fome e, portanto, homens famintos e nações miseráveis, que cremos não ser nossa meta atualmente.

Solos Manejados - Os solos biodinamicamente manejados apresentam os seguintes benefícios:

- a - ausência de pans (sobre a soleira de arado) e adensamentos, com:
 - maior espaço para o desenvolvimento radicular
 - melhor drenagem do solo
 - menor problema de encharcamento da zona radicular
 - melhor arejamento da zona radicular
 - melhor aproveitamento dos nutrientes existentes ou adubados

b - ausência da crosta na superfície do solo, com:

- 1- maior infiltração de águas pluviais
 - menor escorrimento de águas
 - menor erosão laminar, desgaste e perda de nossos solos
 - menor despesa na manutenção de terraços e curvas de nível
 - menos enchentes (calamidades públicas)
 - menos quedas de pontes, solapamento de estradas
 - açudes, represas e cursos de água com menos partículas minerais (argila, limo) em suspensão (e adubos e defensivos)
 - menor índice de mortandade de peixes por asfixia (e intoxicações)
 - menor intensidade no assoreamento de açudes e barragens (também hidroelétricas)
 - maior reposição de águas subterâneas, isto é, nascentes e poços
 - menor período de seca (calamidade pública)
 - cursos de água com fluxo mais contínuo a partir das nascentes
 - nível mais estável dos cursos de água (navegação, etc)
 - menor erosão vertical, com menor formação de camadas arenosas na superfície dos solos, e lages no seu interior
- 2- maior benefício agro-econômico
 - maior disponibilidade de água na camada arável
 - menor problema de aquecimento no solo
 - maior atividade micro e mesobiológica (maior agregação das partículas de solo e grumos estáveis à água, e equilíbrio das populações)
 - menor modificação microclimática
 - menor problema de germinação das sementes
 - melhor crescimento das culturas
 - maior produção quali-quantitativa de alimentos e maior rentabilidade por hectare e maior lucro
 - maior volume de produtos agropecuários para exportação (balança comercial)
 - maior facilidade de competição e melhor preço no mercado (qualidade do produto)
 - reflexo positivo sobre a nutrição de animais (maior índice de conversão dos alimentos)
 - menos gasto de combustível (menos passagem de máquinas)
 - menor desgaste de máquinas (solos não compactados, plantas menos xerofíticas)
- 3- menor índice de aridização das áreas, e migrações populacionais
- 4- menor incidência de tempestades de poeira
- 5- maior equilíbrio ecológico.



A esquerda, planta em solo fofo. No centro e à direita, plantas em mancha de solo assentado. (mesma semente, adubação, época de plantio e solo)